

**Государственное автономное нетиповое образовательное
учреждение Мурманской области «Центр образования «Лапландия»**

**Мурманская область
г. Мурманск**

**Всероссийской конкурс юных
исследователей окружающей среды имени Б.В. Всесвятского**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ
В РАЗНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
МЕТОДОМ TEA BAG INDEX**

Автор:

Козлов Михаил Алексеевич
Мурманская область, г. Мурманск
ГАНОУ МО «ЦО «Лапландия», 6 класс

Научный руководитель:

Глазунова Елена Джемсовна, педагог дополнительного образования
ГАНОУ МО «ЦО «Лапландия»

Оглавление

	стр.
Введение.....	3
Методика проведения исследования.....	5
Результаты исследования.....	6
Выводы.....	9
Заключение.....	9
Список литературы.....	10
Приложения.....	11

Введение

Почва играет важную роль в жизни планеты. На ней растут растения, которые обеспечивают нас кислородом и пищей. На ней живем и мы сами, поэтому очень важно знать о ее состоянии. Важным показателем состояния почвы является активность почвенных микроорганизмов.

Почвенная микрофлора представляет собой динамичную и разнообразную экосистему, состоящую из множества различных типов микроорганизмов, включая бактерии, грибы, водоросли и простейшие. Каждый тип микроорганизмов играет свою уникальную роль в экосистеме почвы, и все они вместе обеспечивают устойчивость и плодородие почвы [1].

Микроорганизмы почвы участвуют в расщеплении органических остатков, превращая их в простые вещества, доступные для усвоения растениями. Этот процесс ведет к образованию гумуса, который улучшает структуру почвы, удерживает влагу и питательные вещества, улучшая тем самым условия для роста растений. Гумус является не только источником питательных веществ, но стабильным компонентом, который улучшает водный и воздушный баланс почвы [2].

Азотфиксирующие бактерии, такие как бактерии рода *Rhizobium*, способны фиксировать атмосферный азот и превратить его в формы, доступные растениям. Эти микроорганизмы образуют симбиотические ассоциации с корнями бобовых растений, обеспечивая их питанием. В свою очередь, растения поставляют бактериям углеводы, необходимые для их роста [3].

Почвенные микроорганизмы участвуют в образовании микоризы – ассоциации между корнями растений и грибами. Эта симбиотическая связь выгодна обеим сторонам: растения получают необходимые питательные вещества, а грибы получают углеродные соединения от растений. Микориза значительно улучшает водообеспечение растений, особенно в условиях засухи, а также повышает их устойчивость к патогенам и вредителям [1, 4].

Почвенные микроорганизмы активно участвуют в защите растений от патогенных микроорганизмов. Они могут подавлять рост грибов, бактерий и вирусов, выделяя антисептические вещества и конкурируя за питательные вещества. Это способствует здоровью растений и увеличивает их урожайность. Например, некоторые бактерии из рода *Bacillus* обладают антибактериальной активностью и могут использоваться для защиты растений от бактериальных инфекций [1].

Для определения активности почвенных микроорганизмов учёными используются различные методы: газовую хроматографию, методы молекулярной биологии, спектрофотометрию. Большинство из них сложны и требуют использования сложной дорогостоящей техники [5]. Поэтому их применения в проектах гражданской науки невозможно.

Чтобы определить скорость распада органического вещества в почвенном покрове, ученые предложили простой и эффективный способ массового измерения – Tea Bag Index, позволяющий исследовать процессы углеродного цикла даже в труднодоступных регионах планеты волонтерами,

не имеющими специального образования. Ученые из разных стран объединили усилия, организовав международную инициативу «Tea Time 4 Science», использующую чайные пакетики в качестве стандартного образца. Этот простой инструмент стал основой масштабного исследования процессов биоразложения, охватившего территории Европы, Азии и Америки.

Ученые предложили использовать два вида чая: зеленый и фиточай-ройбуш. Они различаются по химическому составу и, следовательно, разлагаются микроорганизмами с разной скоростью. Зелёный чай является аналогом листового опада. Чай ройбуш, приготовленный из высушенных измельчённых листьев и побегов аспалатуса линейного (*Aspalathus linearis*), кустарника из семейства Бобовые (Fabaceae), по своему составу аналогичен одревесневшему опаду. Одновременное использование чайных пакетиков двух типов позволяет оценить активность разных групп микроорганизмов.

Любой желающий может закопать в почву сухие чайные пакетики определенных марок, а спустя три месяца выкопать их, высушить и взвесить. Разница между исходной и итоговой массами показывает интенсивность разложения органики.

Метод не требует дорогостоящего оборудования, отличается высокой чувствительностью, воспроизводимостью, его результаты легко интерпретировать. Поэтому метод широко применяется в научном сообществе. Однако он не лишён и недостатков. В частности, метод требует использования определённых марок чая [5].

Однако большинство исследований проводилось преимущественно в странах Западной Европы, оставляя значительные пробелы в данных по таким обширным территориям, как Россия. Данное обстоятельство обусловило необходимость проведения исследований подобного рода на территории Российской Федерации [6]. Российские учёные адаптировали стандартную методику к доступным на российском рынке маркам чая и предложили всем желающим принять участие в проекте гражданской науки «Закопай Чай».

Данное исследование является вкладом в изучение активности почвенных микроорганизмов экосистем Российской Федерации. Оно выполнено на базе Детского технопарка «Кванториум» ГАНОУ МО «ЦО «Лапландия»».

Целью работы является оценка биологической активности почвы на четырех участках, расположенных в разных экосистемах на территории Мурманской области.

Выполнение поставленной цели потребовало решения следующих исследовательских **задач**:

- оценить среднюю скорость разложения растительного материала в разных экосистемах;
- сравнить привлекательность разных сортов чая для микроорганизмов;
- провести гранулометрический анализ образцов почвы и определение кислотности почвенной вытяжки.

Методика проведения исследования

Для исследования активности почвенных микроорганизмов с помощью метода Tea Bag Index были использованы два сорта чая: зеленый чай марки «Berton» и чай ройбуш марки «Вкусвилл» (рис. 1). В эксперименте было задействовано по 16 пакетиков чая каждого сорта. Каждый пакетик был взвешен на аналитических весах с точностью до 0,001 г и промаркирован. Результаты представлены в таблице 1 (Приложение).



Рисунок 1. Сорта чая, использованные в исследовании

Для эксперимента были выбраны следующие экосистемы:

- болото;
- лесотундра;
- лиственный лес;
- лес рядом с дорогой.

Карта района исследования представлена на рис. 2.

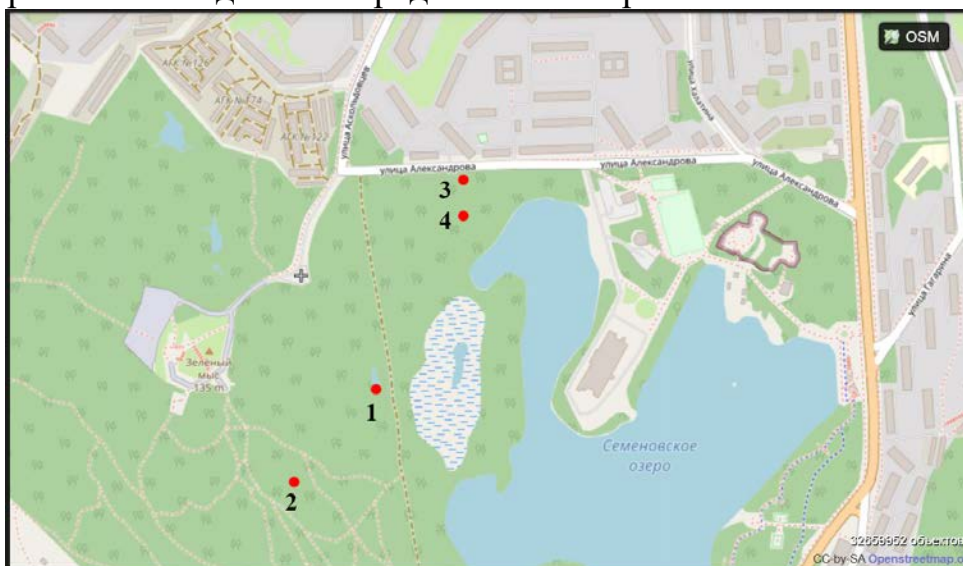


Рисунок 2. Карта места проведения исследования. Цифрами обозначены экосистемы:

- 1 – болото; 2 – лесотундра; 3 – лиственный лес у дороги; 4 – лиственный лес

В каждой экосистеме на небольшом участке 1×1 м в верхний горизонт почвы на глубину 8 см были зарыты по два пакетика каждого вида чая в двух

повторностях. Были определены координаты экспериментальных площадок. Сделаны снимки внешнего вида экосистем. Полевой дневник исследования представлен в Приложении.

Координаты и ключевые ориентиры мест заложения отображены в таблице 2 (Приложение).

Инкубационный период в рамках проведенного исследования составил 93 дня, по истечении которых пакетики были выкопаны, очищены от остатков почвы, просушены в течение суток при температуре 50°C и подвергнуты повторному взвешиванию.

Гранулометрический состав почвы определялся методом скатывания [7].

Кислотность почвы определялась путём измерения рН почвенной вытяжки, приготовленной в соответствии с ГОСТ 26423-85 [8].

Результаты исследования

По истечении времени эксперимента в болоте найдены в пригодном для дальнейшего исследования состоянии все пакетики, в лесотундре удалось найти 6 из 8 пакетиков, в лиственном лесу – 4 из 8 пакетиков, а в лесу рядом с дорогой ни одного пакетика не нашлось. Потеря пакетиков была вызвана как сильным изменением внешнего вида участков, так и некорректной работой систем GPS, а также деятельностью животных, выкопавших часть пакетиков.

Данные, полученные по результатам повторного взвешивания, а также расчёт убыли массы зелёного чая и ройбуша представлены в таблицах 3, 4 (Приложение).

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что по зеленому чаю пиковое значение убыли наблюдалось в экосистеме лесотундра (1,433 г). Кроме того, следует отметить, что существенные значения показателей убыли прослеживаются в экосистеме болото: 1,226 г, 1,218 г, 1,103 г, 0,925 г. В лесу значение убыли существенно меньше. Были высчитаны средние значения убыли массы зелёного чая в каждой из экосистем. Результаты представлены на гистограмме на рис. 3.

Объяснить данные обстоятельства можно спецификой почвы исследуемых экосистем, температурных условий, составом почвенной микробиоты. В аналогичном исследовании российских учёных [6] наблюдалась прямая зависимость между температурой и скоростью разложения органики почвенными микроорганизмами. В лесотундре действительно почва нагревается сильнее, чем на болоте или в лесу. Однако данная закономерность отсутствует в случае чая ройбуш.

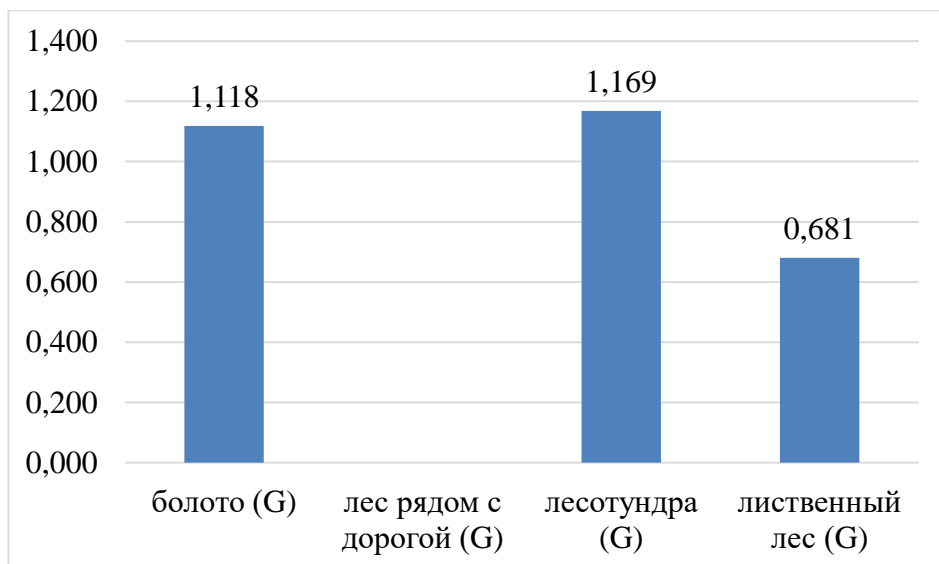


Рисунок 3. Средние значения убыли массы пакетиков зеленого чая по экосистемам, в граммах

По чаю ройбуш наибольшая убыль прослеживается в экосистеме болото (0,762 г). Средние значения убыли массы пакетиков чая ройбуш представлены на гистограмме на рис. 4. Интенсивнее всего ройбуш разлагался в почве болота, на втором месте лиственный лес, медленнее всего разложение шло в почве лесотундры.

Возможно, на скорость разложения древесного опада в Мурманской области большее влияние оказывает не температура, какой-то другой фактор. Например, влажность почвы.

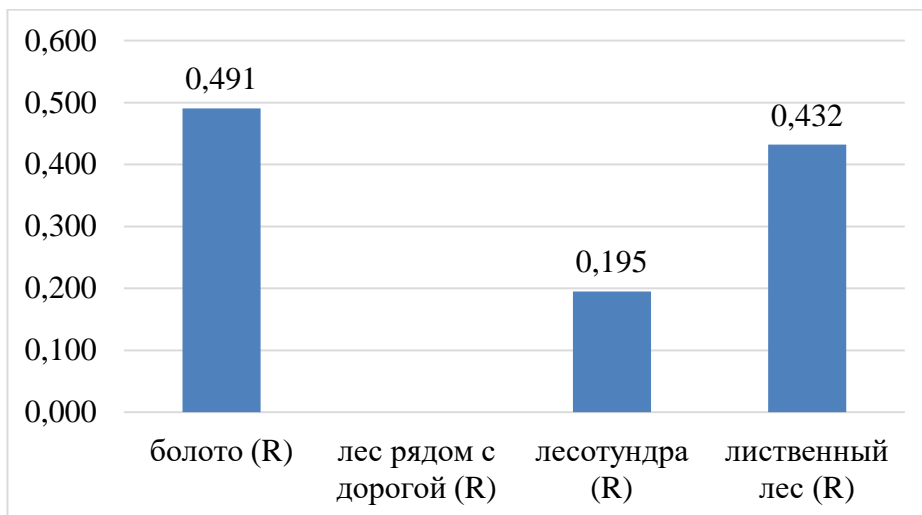


Рисунок 4. Средние значения убыли массы пакетиков чая ройбуш по экосистемам, в граммах

По результатам исследования была определена скорость разложения исходного материала. Результаты исследования представлены в таблице 5

(Приложение). Средняя скорость разложения зелёного чая составляет 0,0112 г в сутки, а чая ройбуш – 0,0041 г в сутки.

Зелёный чай оказался почти в три раза более привлекательным для микроорганизмов, так как убыль по нему значительно превышает убыль по чаю ройбуш. Это говорит о том, что в почвах Мурманской области разложение листового опада происходит более активно, чем разложение древесного, что также совпадает с отмеченными учёными закономерностями [6].

Мы подсчитали среднее значение процента убыли массы и сравнили полученные данные с литературными данными (рис. 5). Наши результаты сходны с полученными канадскими исследователями для почв торфяников. И несколько выше результатов, полученных российскими коллегами для почв тундры, северной тайги и смешанного леса средней полосы России [6, 9].

Также мы провели исследование гранулометрического состава почвы и определение кислотности почвенной вытяжки. Результаты представлены в таблице 6 (Приложение). Несмотря на разные экосистемы, кислотность всех образцов почвенной вытяжки не отличалась. Механический состав почв немного различается, но различия не сильные. Во всех случаях это суглинок, более лёгкий в случае болота, более тяжёлый в случае леса у дороги. Вероятно, различие в биологической активности вызвано различными температурными условиями, влажностью почвы и составом почвенной микробиоты экосистем.

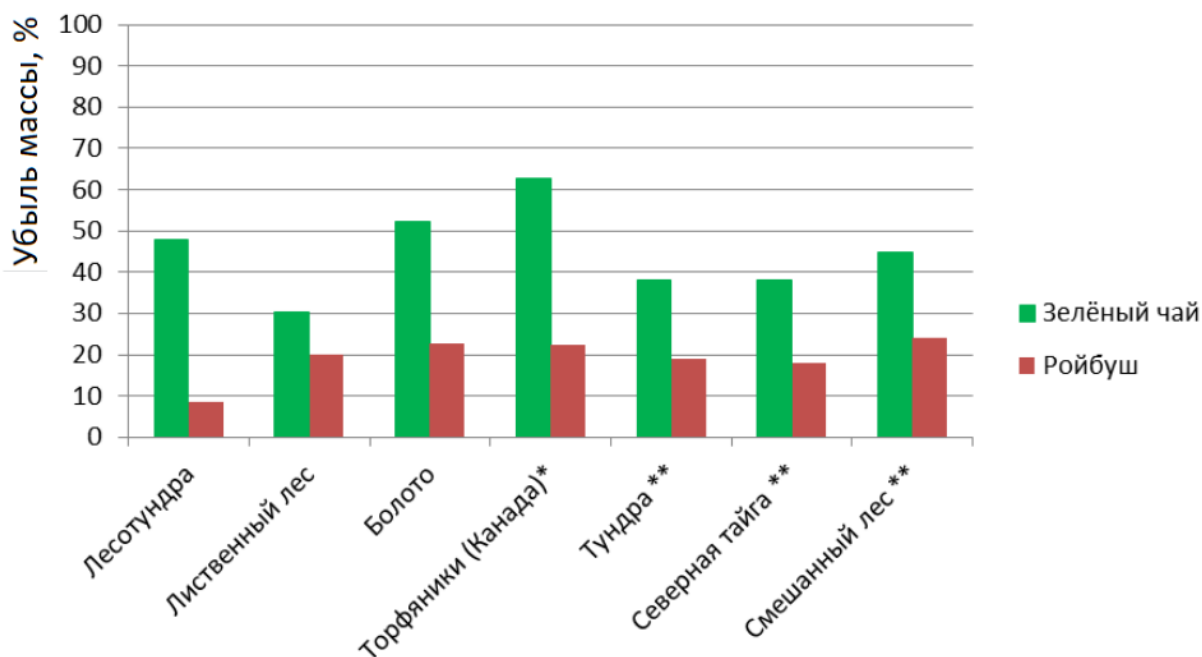


Рисунок 5. Сравнение убыли массы пакетиков в разных экосистемах с литературными данными (* По данным MacDonald E. et al., ** По данным Ivashchenko K. et al.)

Выводы

Для того чтобы понять, с какой скоростью происходит распад органического вещества в почве, ученые разработали простой и весьма эффективный метод массового измерения, который получил название Tea Bag Index. В рамках данной инициативы ученые из разных стран объединили свои усилия, создав международный проект под названием «Tea Time 4 Science», в котором используются чайные пакетики в качестве стандартного образца для исследований.

В рамках выполнения данной исследовательской работы была проведена оценка биологической активности почвы в различных экосистемах, расположенных на территории Мурманской области.

По результатам проведения исследования был сделан ряд **выводов**:

- наибольшее среднее значение убыли по зеленому чаю приходится на экосистему лесотундра, наименьшее значение показателя прослеживается по природной зоне лиственный лес; наибольшее среднее значение убыли по чаю ройбуш приходится на экосистему болото, наименьшее значение показателя прослеживается по природной зоне лесотундра;

- зеленый чай является более привлекательным для микроорганизмов, так как убыль по нему значительно превышает убыль по чаю ройбуш, следовательно лиственной опад разлагается быстрее, чем древесный;

- исследованные почвы не различаются существенно по гранулометрическому составу и кислотности, следовательно активность почвенных микроорганизмов зависит от условий температуры и влажности, возможно, от видового состава.

Заключение

Исследование имеет высокую практическую значимость, так как позволяет предоставить информацию о функциях почвы на локальном уровне.

В дальнейшем данная информация может быть использована для:

- оценки географических различий в динамике разложения органики почвенными микроорганизмами;

- изучения функционирования экосистем в качестве индикатора биологической и микробной активности, круговорота питательных веществ и качества почвы.

Из взятых образцов почвы с наибольшей активностью выделены культуры микроорганизмов, проверяется их способность к разложению целлюлозы и других органических соединений. Штаммы с высокой ферментной активностью могут быть использованы для производства кормовых добавок для сельскохозяйственных животных.

Список литературы

1. Есенов Р. и др. Почвенная микрофлора: роль и значение в экосистеме почвы // Наука и мировоззрение. – 2024. – Т. 1. – №. 31. – С. 175-180.
2. Коровицкий С. А., Тоцкая А. А. Роль почвенных микроорганизмов в образовании гумуса //Новая наука: От идеи к результату. – 2016. – №. 11-4. – С. 14-16.
3. Игнатов В.В. Биологическая фиксация азота и азотфиксаторы // Соросовский образовательный журнал – 1998. — № 9. – С. 28-33.
4. Оганесян Я. К. Значение микоризы //Научные труды студентов Горского государственного аграрного университета. – 2021. – С. 51-52.
5. Ананьева, Н. Д. Микробные показатели городских почв и их роль в оценке экосистемных сервисов (обзор) / Н. Д. Ананьева, К. В. Иващенко, С. В. Сушко // Почвоведение. – 2021. – № 10. – С. 1231-1246.
6. Ivashchenko K. et al. Extension of the soil monitoring network via tea bag initiatives: A 3000 km latitudinal gradient in European Russia //Science of the Total Environment. – 2024. – Т. 927. – С. 171881.
7. Методы исследования состава, свойств и режимов почв: практикум / канд. с.-х.наук, доц. В. Ф. Прокопчук; канд. с.-х. наук, доц. Т. Н. Черноситова; канд. с.-х. наук, доц. А. В. Науменко; канд. с.-х. наук, доц. Т. П. Хайрулина. – Благовещенск: Изд-во Дальневосточного гос. аграрного ун-та, 2018. – 31[1] с. / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://irbis.dalgau.ru/DigitalLibrary/UMM_vo/268.pdf
8. ГОСТ 26423-85. Межгосударственный стандарт. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: сайт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023484> (дата обращения: 05.09. 2025)
9. MacDonald E. et al. Using the Tea Bag Index to characterize decomposition rates in restored peatlands //Boreal Environment Research. – Suomen Ymparistokeskus, 2018. – Т. 23. – С. 221.

Приложения

Таблица 1. Исходная масса пакетиков чая, задействованных в исследовании

Зеленый чай (G)		Чай ройбуш (R)	
Номер	Масса, гр.	Номер	Масса, гр.
1G2	2,081	1R2	2,150
2G2	2,751	2R2	2,342
3G2	2,301	3R2	2,264
4G2	2,094	4R2	2,041
5G2	2,652	5R2	2,252
6G2	2,484	6R2	2,216
7G2	2,446	7R2	2,140
8G2	1,993	8R2	2,056
9G2	2,277	9R2	2,338
10G2	2,111	10R2	2,272
11G2	2,087	11R2	2,223
12G2	2,083	12R2	2,217
13G2	2,099	13R2	2,412
14G2	2,281	14R2	2,339
15G2	2,464	15R2	2,095
16G2	1,963	16R2	2,250

Таблица 2. Координаты и ключевые ориентиры мест заложения

Дата заложения	Номер чайного пакетика	Географические координаты, с.ш. / в.д.	Ориентир
Болото			
03.06.2025	11G2, 12G2 11R2, 12R2	68.992375 / 33.078871	Под березой в болоте
03.06.2025	7G2, 8G2 7R2, 8R2	68.992360 / 33.078872	Под березой рядом с болотом
Лесотундра			
03.06.2025	1G2, 2G2 1R2, 2R2	68.991732 / 33.078204	Под единственной березой
03.06.2025	5G2, 6G2 5R2, 6R2	68.991699 / 33.078076	На голом участке земли
Лес рядом с дорогой			
03.06.2025	9G2, 10G2 9R2, 10R2	68.995530 / 33.081497	Около дороги под осинами
03.06.2025	13G2, 14G2 13R2, 14R2	68.995282 / 33.082780	Около дороги под осиной
Лиственный лес			
03.06.2025	3G2, 4G2 3R2, 4R2	68.995428 / 33.081860	В лесу под камнем
03.06.2025	15G2, 16G2 15R2, 16R2	68.995307 / 33.081771	В лесу у осин

Таблица 3. Расчёт убыли массы зелёного чая

Номер	Масса до, г	Масса после, г	С учетом веревочки, г	Убыль, г	Экосистемы
1G2	2,081	0,950	1,046	1,035	лесотундра
2G2	2,751	1,222	1,318	1,433	лесотундра
3G2	2,301	1,242	1,338	0,963	лиственный лес
4G2	2,094	1,600	1,696	0,398	лиственный лес
5G2	2,652	–	–	–	лесотундра
6G2	2,484	1,350	1,446	1,038	лесотундра
7G2	2,446	1,247	1,343	1,103	болото
8G2	1,993	0,972	1,068	0,925	болото
9G2	2,277	–	–	–	лес рядом с дорогой
10G2	2,111	–	–	–	лес рядом с дорогой
11G2	2,087	0,765	0,861	1,226	болото
12G2	2,083	0,769	0,865	1,218	болото
13G2	2,099	–	–	–	лес рядом с дорогой
14G2	2,281	–	–	–	лес рядом с дорогой
15G2	2,464	–	–	–	лиственный лес
16G2	1,963	–	–	–	лиственный лес

Таблица 4. Расчёт убыли массы чая ройбуш

Номер	Масса до, г	Масса после, г	С учетом веревочки, г	Убыль, г	Экосистемы
1R2	2,150	–	–	–	лесотундра
2R2	2,342	2,048	2,141	0,201	лесотундра
3R2	2,264	1,689	1,782	0,482	лиственный лес
4R2	2,041	1,566	1,659	0,382	лиственный лес
5R2	2,252	1,950	2,043	0,209	лесотундра
6R2	2,216	1,948	2,041	0,175	лесотундра
7R2	2,140	1,285	1,378	0,762	болото
8R2	2,056	1,519	1,612	0,444	болото
9R2	2,338	–	–	–	лес рядом с дорогой
10R2	2,272	–	–	–	лес рядом с дорогой
11R2	2,223	1,779	1,872	0,351	болото
12R2	2,217	1,719	1,812	0,405	болото
13R2	2,412	–	–	–	лес рядом с дорогой
14R2	2,339	–	–	–	лес рядом с дорогой
15R2	2,095	–	–	–	лиственный лес
16R2	2,250	–	–	–	лиственный лес

Таблица 5. Результаты вычисления скорости разложения исходного материала

Зеленый чай				Чай ройбуш			
Номер образца	Убыль, г	Количество дней	Скорость, г/день	Номер образца	Убыль, г	Количество дней	Скорость, г/день
1G2	1,035	93	0,0111	1R2	–	93	–
2G2	1,433	93	0,0154	2R2	0,201	93	0,0022
3G2	0,963	93	0,0104	3R2	0,482	93	0,0052
4G2	0,398	93	0,0043	4R2	0,382	93	0,0041
5G2	–	93	–	5R2	0,209	93	0,0022
6G2	1,038	93	0,0112	6R2	0,175	93	0,0019
7G2	1,103	93	0,0119	7R2	0,762	93	0,0082
8G2	0,925	93	0,0099	8R2	0,444	93	0,0048
9G2	–	93	–	9R2	–	93	–
10G2	–	93	–	10R2	–	93	–
11G2	1,226	93	0,0132	11R2	0,351	93	0,0038
12G2	1,218	93	0,0131	12R2	0,405	93	0,0044
13G2	–	93	–	13R2	–	93	–
14G2	–	93	–	14R2	–	93	–
15G2	–	93	–	15R2	–	93	–
16G2	–	93	–	16R2	–	93	–
Среднее значение убыли			0,0112	Среднее значение убыли			0,0041

Таблица 6. Результаты определения гранулометрического состава почвы
и кислотности почвенной вытяжки

Экосистема	Гранулометрический состав почвы	Кислотность почвенной вытяжки, единицы рН
Болото	лёгкий суглинок	6
Лесотундра	средний суглинок	6
Лес рядом с дорогой	тяжёлый суглинок	6
Лиственный лес	лёгкий суглинок	6

Полевой дневник исследования

Экосистема #1 болото

Сорт чая	№ чайного пакетика	Ориентир / Дата установки чайных пакетиков	Географические координаты, с.ш. / в.д.	Гранулометрический состав
1. Зеленый чай	11	03.06.2025	68.992375 / 33.078871	лёгкий суглинок
2. Зеленый чай	12	Под березой в болоте		
1. Ройбуш	11			
2. Ройбуш	12			
				

ФОТО 1 «Общий вид экосистемы»

ФОТО 2 «Площадка исследования»

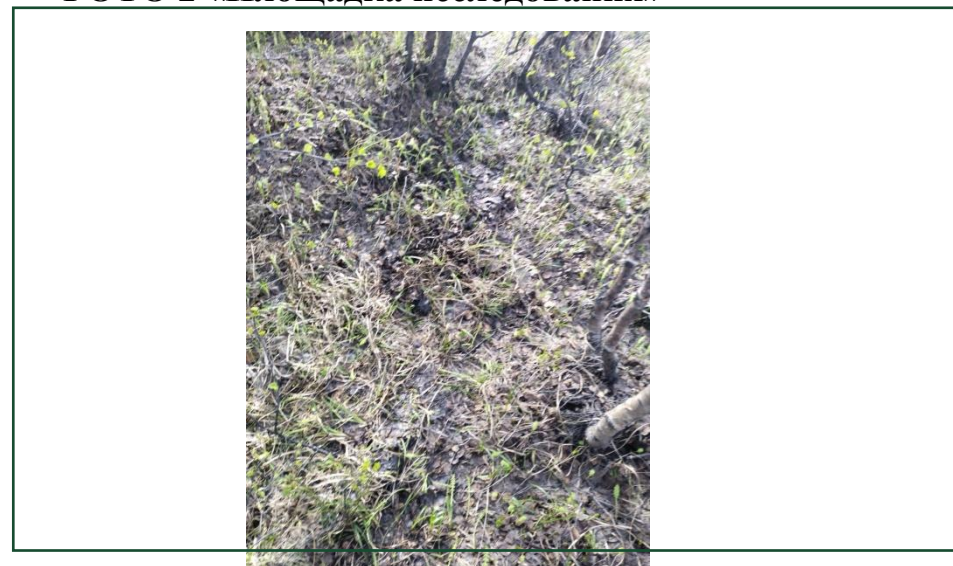
Экосистема #1а болото

Сорт чая	№ чайного пакетика	Ориентир / Дата установки чайных пакетиков	Географические координаты, с.ш. / в.д.	Гранулометрический состав
1. Зеленый чай	7	Под березой рядом с болотом	68.992360 / 33.078872	лёгкий суглинок
2. Зеленый чай	8			
1. Ройбуш	7			
2. Ройбуш	8			

ФОТО 1 «Общий вид экосистемы»



ФОТО 2 «Площадка исследования»



Экосистема #2 лесотундра

Сорт чая	№ чайного пакетика	Ориентир / Дата установки чайных пакетиков	Географические координаты, с.ш. / в.д.	Гранулометрический состав
1. Зеленый чай	1	Под единственной березой	68.991732 / 33.078204	лёгкий суглинок
2. Зеленый чай	2			
1. Ройбуш	1			
2. Ройбуш	2			

ФОТО 1 «Общий вид экосистемы»



ФОТО 2 «Площадка исследования»



Экосистема #2а лесотундра

Сорт чая	№ чайного пакетика	Ориентир / Дата установки чайных пакетиков	Географические координаты, с.ш. / в.д.	Гранулометрический состав
1. Зеленый чай	5	На голом участке земли	68.991699 / 33.078076	лёгкий суглинок
2. Зеленый чай	6			
1. Ройбуш	5			
2. Ройбуш	6			

ФОТО 1 «Общий вид экосистемы»



ФОТО 2 «Площадка исследования»



Экосистема #3 лес рядом с дорогой

Сорт чая	№ чайного пакетика	Ориентир / Дата установки чайных пакетиков	Географические координаты, с.ш. / в.д.	Гранулометрический состав
1. Зеленый чай	9	03.06.2025	68.995530 / 33.081497	лёгкий суглинок
2. Зеленый чай	10	Около дороги под осинами		
1. Ройбуш	9			
2. Ройбуш	10			

ФОТО 1 «Общий вид экосистемы»



ФОТО 2 «Площадка исследования»



Экосистема #3а лес рядом с дорогой

Сорт чая	№ чайного пакетика	Ориентир / Дата установки чайных пакетиков	Географические координаты, с.ш. / в.д.	Гранулометрический состав
1. Зеленый чай	13	03.06.2025	68.995282 / 33.082780	лёгкий суглинок
2. Зеленый чай	14	Около дороги под осиной		
1. Ройбуш	13			
2. Ройбуш	14			

ФОТО 1 «Общий вид экосистемы»

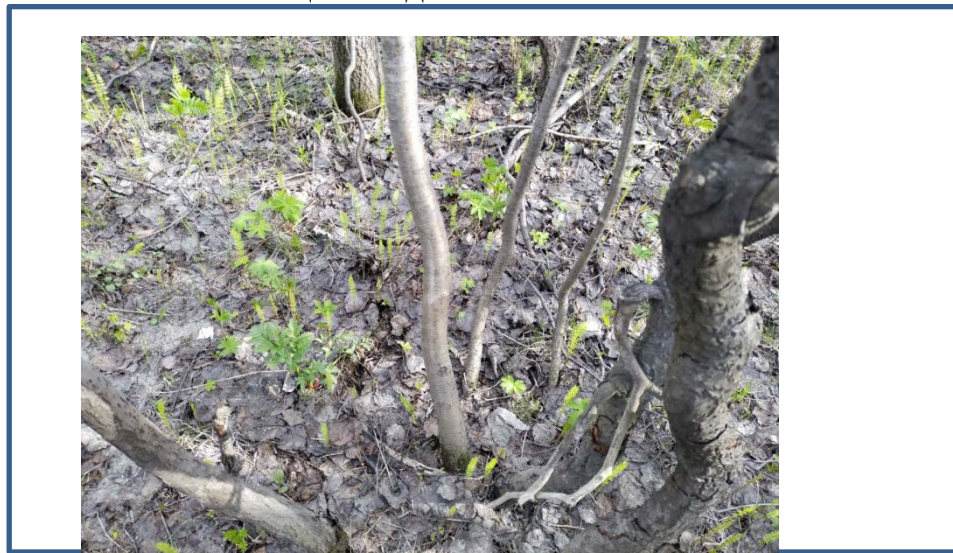


ФОТО 2 «Площадка исследования»



Экосистема #4 лиственный лес

Сорт чая	№ чайного пакетика	Ориентир / Дата установки чайных пакетиков	Географические координаты, с.ш. / в.д.	Гранулометрический состав
1. Зеленый чай	3	03.06.2025	68.995428 / 33.081860	лёгкий суглинок
2. Зеленый чай	4	В лесу под камнем		
1. Ройбуш	3			
2. Ройбуш	4			

ФОТО 1 «Общий вид экосистемы»



ФОТО 2 «Площадка исследования»



Экосистема #4а лиственный лес

Сорт чая	№ чайного пакетика	Ориентир / Дата установки чайных пакетиков	Географические координаты, с.ш. / в.д.	Гранулометрический состав
1. Зеленый чай	15	03.06.2025	68.995307 / 33.081771	лёгкий суглинок
2. Зеленый чай	16	В лесу у осин		
1. Ройбуш	15			
2. Ройбуш	16			

ФОТО 1 «Общий вид экосистемы»



ФОТО 2 «Площадка исследования»

